

PEMODELAN PERUBAHAN SEDIMEN DI PESISIR SURABAYA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN DATA HIDRO-OSEANOGRAFI

Dzauqi Arani¹⁾, Khomsin²⁾

Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia^{1, 2)}

e-mail: Khomsin@geodesy.its.ac.id²⁾

Abstrak— Kawasan Pesisir utara Jawa Timur khususnya Surabaya Timur, merupakan kesatuan pantai yang memiliki pola perkembangan garis pantai yang berbeda. Sebagian besar dari wilayah pantai tersebut memiliki ciri topografi wilayah pantai yang relatif datar dengan kemiringan 0-3 derajat sehingga mengakibatkan daerah ini rentan terjadi sedimentasi atau perubahan sedimen. Hal tersebut juga mengakibatkan beberapa wilayah mengalami pertambahan luas tanah sehingga pantainya semakin menjorok ke laut atau yang biasa disebut sedimentasi garis pantai (Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah, 2001).

Oleh karena itu, perlu diadakan suatu penelitian untuk dapat mengetahui dampak dari sedimentasi di daerah pesisir Surabaya Timur. Dalam penelitian ini akan dikaji perubahan sedimen yang disebabkan arus pasang surut. Penelitian ini menggunakan suatu pemodelan matematika dengan metode hidrodinamika yang digunakan untuk membuat simulasi mengenai pola arus dan transportasi sedimen dengan parameter pasang surut dan sampel sedimen yang terjadi pada titik tinjauan.

Dari hasil simulasi menunjukkan pola arus yang terjadi di wilayah tersebut cukup tenang dengan nilai kecepatan sebesar 0.04 m/s - 0.734 m/s. Besar konsentrasi sedimen tertinggi yang terjadi di sepanjang lokasi penelitian yaitu 4.257 g/m³ dan yang terendah adalah 0.057 g/m³. Morfologi dasar perairan pesisir Surabaya timur tidak mengalami perubahan secara signifikan. Hal ini dikarenakan konsentrasi sedimen yang terlarut sangat rendah. Rata-rata bed level change saat kondisi pasang adalah sebesar 0.020 m dan rata-rata bed level change saat kondisi surut adalah sebesar - 0.016 m. Dari hasil pemodelan menunjukkan bahwa perairan pesisir Surabaya Timur mengalami kenaikan dasar laut dikarenakan besar konsentrasi sedimen yang terbawa saat pasang lebih besar daripada besar konsentrasi sedimen yang terbawa saat surut.

Kata Kunci — Sedimentasi, Pola Arus, Pemodelan

I. PENDAHULUAN

Daerah pesisir merupakan lingkungan yang dinamis, unik dan rentan terhadap perubahan lingkungan. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap lingkungan pesisir antara lain

adalah aktivitas di daratan, pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, peningkatan permintaan akan ruang dan sumberdaya, serta dinamika lingkungan pantai. Disamping itu perairan pesisir dipengaruhi oleh interaksi dinamis antara masukan air dari lautan (*ocean water*) dan air tawar (*freshwater*).

Kawasan Pesisir utara Jawa Timur khususnya Surabaya Timur, merupakan kesatuan pantai yang memiliki pola perkembangan garis pantai yang berbeda. Sebagian besar dari wilayah pantai diatas memiliki ciri topografi wilayah pantai yang relatif datar dengan kemiringan 0-3 derajat sehingga mengakibatkan daerah ini rentan terjadi sedimentasi atau perubahan sedimen. Hal tersebut juga mengakibatkan beberapa wilayah mengalami pertambahan luas tanah sehingga pantainya semakin menjorok ke laut atau yang biasa disebut sedimentasi garis pantai (Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah, 2001).

Untuk dapat mengetahui dampak dari perubahan sedimen di daerah pesisir Surabaya Timur, maka perlu dilakukan studi yang lebih komprehensif. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikaji perubahan sedimen yang disebabkan arus pasang surut.

Perubahan sedimen dapat diketahui melalui perhitungan pasang surut air laut dan pola arus. Pasang surut air laut adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan benda-benda langit terutama bulan dan matahari. Gravitasi bulan merupakan pembangkit utama pasang surut. Walaupun massa matahari jauh lebih besar dibanding massa bulan, namun karena jarak bulan yang jauh lebih dekat terhadap bumi maka matahari hanya memberikan pengaruh yang kecil terhadap pembangkitan pasang surut di bumi. Rasio massa bulan terhadap bumi adalah 1 : 85, sedangkan rasio massa bulan terhadap matahari adalah $1 : 3,18 \times 10^5$. Jarak rata-rata pusat massa bumi dengan pusat matahari adalah sekitar 98.830.000 mil, sedangkan jarak rata-rata pusat massa bumi terhadap pusat massa bulan adalah sekitar 238.862 mil, maka perbandingan gravitasi bulan dan matahari (masing-masing terhadap bumi) adalah 1 : 0,46. (Poerbandono, 2005).

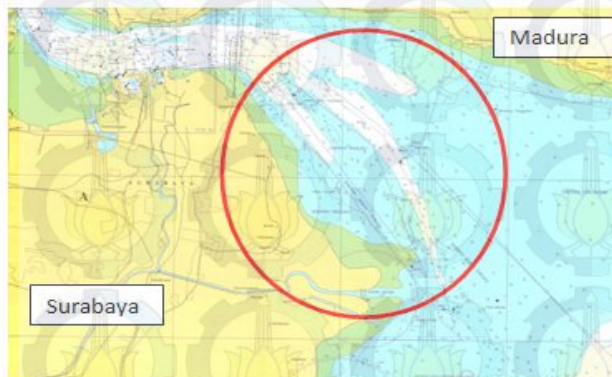
Pasang surut juga mempunyai peranan penting terhadap perubahan arus laut yang kemudian mempengaruhi perubahan sedimen. Arus adalah gerakan badan air. Morfologi dasar perairan cenderung terbentuk di wilayah pantai yang berpasir. Pada kondisi pantai berpasir yang memperoleh pengaruh arus dan gelombang yang cukup kuat, butiran-butiran pasir relatif lebih mudah dipindahkan untuk membentuk kerut-kerut di dasar perairan. Sementara, karena memiliki sifat kohesif, untuk butiran-butiran lumpur cenderung akan saling tarik-menarik dan terpadatkan sehingga lebih sulit dipindahkan oleh arus dan gelombang (Zuriati, 2011).

Perubahan sedimen di pesisir Surabaya Timur yang dipengaruhi arus pasang surut dapat diketahui melalui pemodelan *Mike 21*. *Mike 21* adalah salah satu aplikasi yang berfungsi untuk mengetahui model muka air laut dan perubahan sedimen melalui data pasang surut, batimetri, dan sampel sedimen, yang kemudian setelah didapat data pemodelan permukaannya dapat dilakukan analisa perubahan sedimen di pesisir Surabaya Timur.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Surabaya Timur. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada $07^{\circ} 12' - 07^{\circ} 21'$ Lintang Selatan dan $112^{\circ} 36' - 112^{\circ} 54'$ Bujur Timur. Penelitian dilakukan dari mulai pesisir di Jembatan Suramadu sampai dengan Perbatasan Surabaya Sidoarjo.



Gambar 1. Peta Batimetri Surabaya Timur
Sumber: Dishidros

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pasang surut air laut tahun 2014, sampel sedimen, dan peta batimetri tahun 2013. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan adalah:

- Perangkat Lunak (*Software*)
 - Global Mapper 12
 - ArcMAP 10
 - MIKE21

4. Dxf2xyz

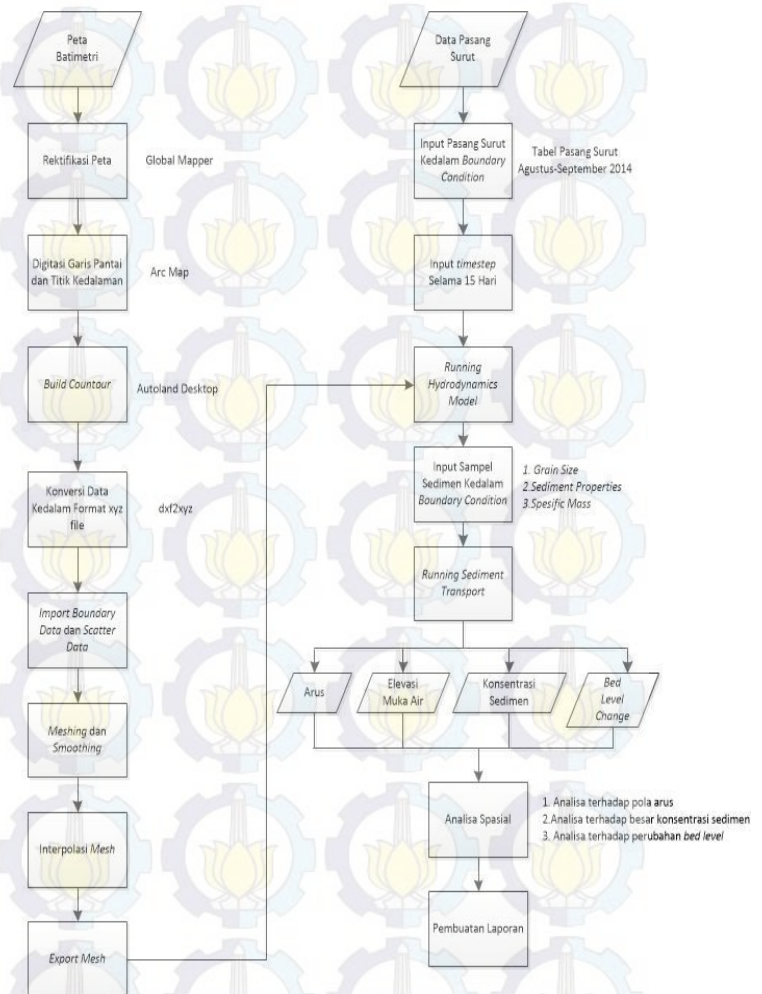
5. AutoCAD Land Desktop 2006

b. Perangkat Keras (*Hardware*)

- GPS Handheld
- Grab sampler

B. Tahap Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dalam kegiatan penelitian ini adalah:



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

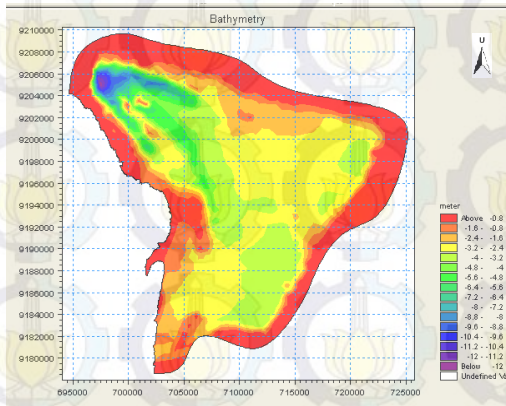
III. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Pemodelan Batimetri Pesisir Surabaya Timur

Sebelum melakukan pemodelan batimetri perairan Surabaya Timur terlebih dahulu membuat model domain dari wilayah tersebut. Pembangunan model domain ini menggunakan data peta batimetri yang nantinya akan didapatkan data kedalaman laut atau kontur. Setelah itu dilakukan pembuatan *mesh* untuk diinterpolasi untuk menentukan nilai-nilai kedalaman laut

menggunakan perangkat lunak MIKE21 modul *Mesh Generator*.

Dilakukan juga penentuan *boundary condition*. *Boundary condition* ini bertujuan untuk menentukan nilai-nilai masukan di daerah batas-batas pemodelan. Penentuan *boundary condition* ini ada 2 bagian yaitu batas terbuka dan batas tertutup. Batas tertutup adalah nilai batas antara daratan dan lautan atau bisa disebut dengan garis pantai, sedangkan batas terbuka adalah nilai-nilai batas yang terhubung dengan laut. Nilai batas terbuka yang dimasukan adalah nilai pasang surut yang diperoleh dari stasiun pengamatan Dishidros.



Gambar 4 Model Batimetri Perairan Surabaya Timur

B. Pemodelan Hidrodinamika

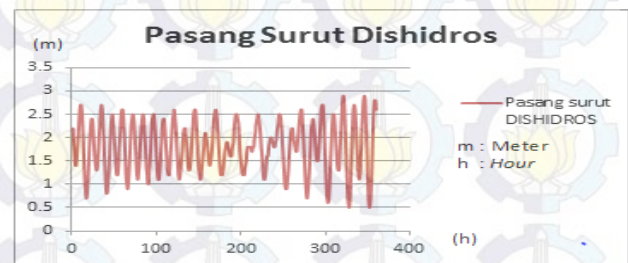
Proses ini menggunakan parameter pasang surut untuk pembuatan model hidrodinamika. Model tersebut akan menggunakan durasi waktu selama 15 hari dari mulai tanggal 25 Agustus pukul 00.00 sampai dengan 9 September pukul 00.00. Pemodelan ini memiliki *timestep* sebanyak 359 dengan interval waktu per 3600 detik. Berikut ini adalah skenario yang dimasukan :

Parameter perhitungan hidrodinamika:

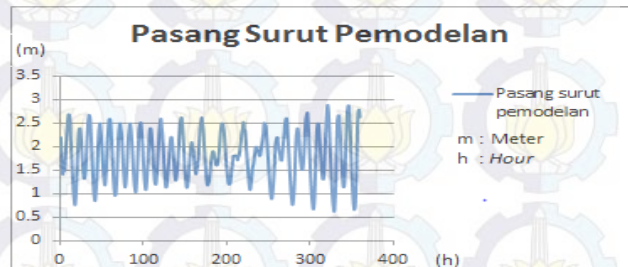
Lama simulasi	: 15 hari (model hidrodinamika)
Langkah waktu	: 3600 detik
Output Simulasi	: 359 jam
Input data	: batimetri, pasang surut

C. Simulasi Data Pasang Surut

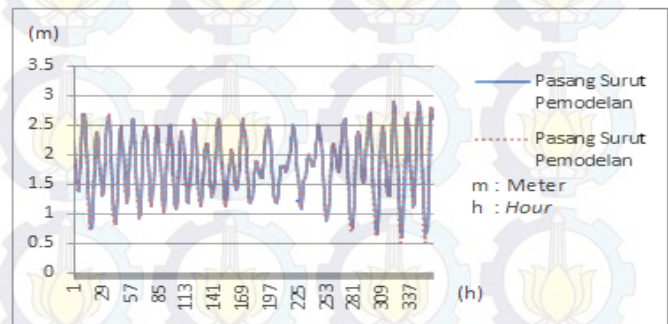
Setelah dilakukan pemodelan, didapatkan nilai pasang tertinggi adalah 2,88 meter dan surut terendah adalah 0.61 meter. Data pasang surut hasil pemodelan tersebut digunakan sebagai validasi dan perbandingan terhadap pasang surut hasil pengukuran lapangan yang dilakukan Dishidros. Grafik pasang surut dapat dilihat pada Gambar 5 - 7.



Gambar 5 Grafik Pasang Surut Dishidros



Gambar 6 Grafik Pasang Surut Pemodelan

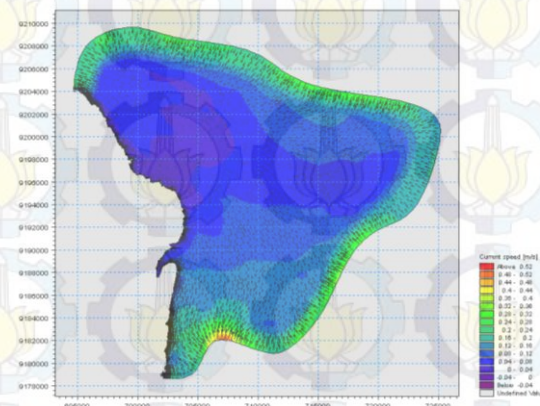


Gambar 7 Grafik Pasang Surut Perbandingan antara hasil perbandingan dengan Dishidros

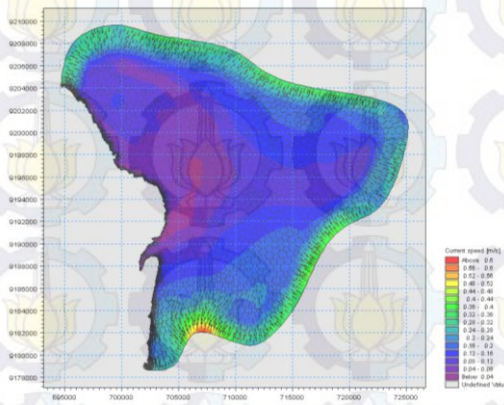
D. Hasil Pemodelan Hidrodinamika (Arus)

Pemodelan hidrodinamika (arus) dilakukan menggunakan perangkat lunak MIKE21 *Hydrodynamics*. Hasil dari pemodelan disajikan dalam keadaan pasang dan surut ditampilkan pada Gambar 8 - 11.

Pada keadaan menuju pasang (Gambar 8) terlihat bahwa arus bergerak menuju daratan dan pada keadaan pasang tertinggi (Gambar 9) terlihat bahwa arus semakin besar bergerak menuju arah daratan dan elevasi muka air bertambah.

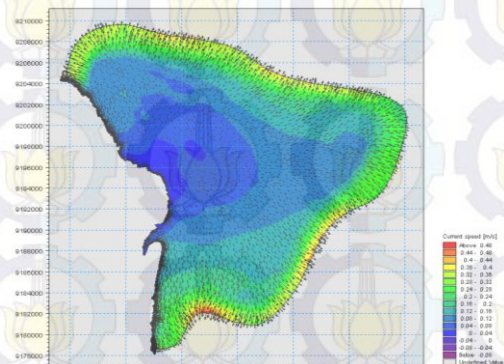


Gambar 8 Kondisi Menuju Pasang

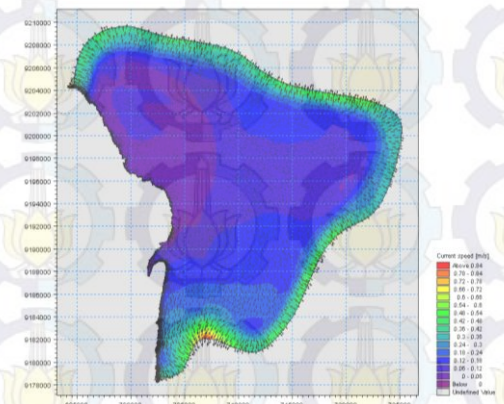


Gambar 9 Kondisi Pasang Tertinggi

Pada keadaan menuju surut (Gambar 10) terlihat bahwa arus bergerak menjauhi daratan dan pada keadaan surut terendah (Gambar 11) terlihat bahwa arus semakin besar bergerak menjauhi daratan dan elevasi muka air menurun.



Gambar 10 Kondisi menuju surut



Gambar 11 Kondisi Surut Terendah

Dari pemodelan terlihat besar kecepatan arus dari hasil simulasi adalah 0,0 – 0,734 m/s.

E. Pemodelan Transpor Sedimen

Simulasi transpor sedimen dilakukan untuk mengetahui pola penyebaran sedimen yang terjadi. Hasil dari simulasi ini adalah pola sebaran sedimen untuk kondisi menuju pasang, pasang tertinggi, menuju surut dan surut terendah, besar *suspended sediment concentration* dan *bed level change* (perubahan dasar perairan). Berikut adalah skenario untuk Transpor Sedimen :

Parameter perhitungan transpor sedimen:

Lama simulasi : 15 hari (model *sand transport*)

Interval waktu : 3600 detik

Output Simulasi : 359 jam

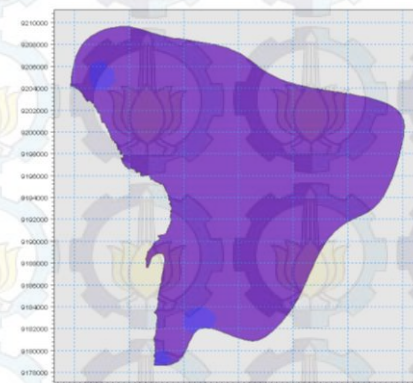
Jenis sedimen : pasir

Input data : data input model hidrodinamika, *grain size sediment*

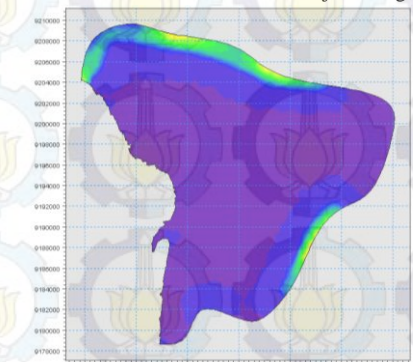
F. Hasil Pemodelan Transpor Sedimen

Untuk model transpor sedimen terlihat pada Gambar 12 – 15 menjelaskan model pada saat kondisi menuju pasang, pasang tertinggi, menuju surut, dan surut terendah.

Pada simulasi transpor sedimen, sumber sedimen diasumsikan hanya berasal dari material yang terbawa oleh arus laut, sementara sumber sedimen lain seperti misalnya yang berasal dari adukan dasar perairan (akibat proses resuspensi) dan tambak yang berada di sekitar muara diabaikan. Dari hasil simulasi terlihat sebaran sedimen dipengaruhi oleh pola arus yang dibangkitkan oleh pasang surut namun tidak terlalu berpengaruh besar. Pada kondisi menuju pasang dan pasang tertinggi (Gambar 12 dan 13) dimana arus bergerak ke arah pesisir, sedimen cenderung tertahan dan mengendap walaupun besarannya kecil.

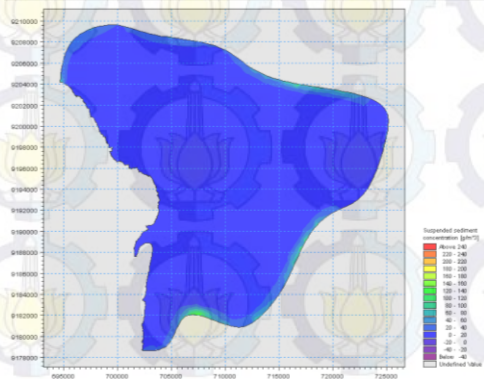


Gambar 12 kondisi Menuju Pasang

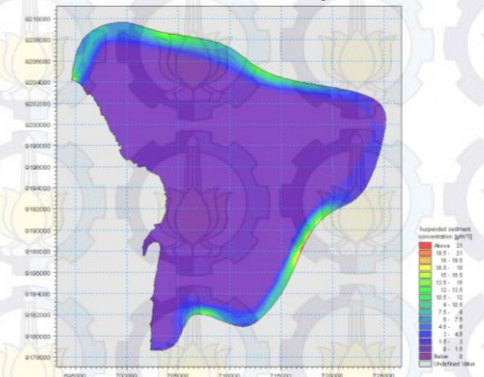


Gambar 13 Kondisi Pasang tertinggi

Pada kondisi menuju surut dan surut terendah (Gambar 14 dan 15) dimana arus bergerak menjauhi daratan, sedimen terlihat bergerak perlahan namun tidak signifikan.



Gambar 14 Kondisi Menuju Surut

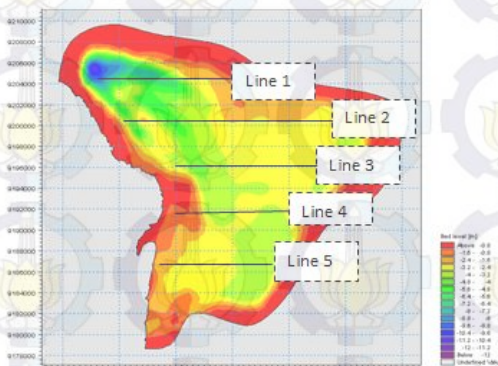


Gambar 15 Kondisi Surut Terendah

Dari pemodelan terlihat konsentrasi sedimen maksimum sebesar 4,257 g/m³ dan konsentrasi sedimen terendah sebesar 0,057 g/m³.

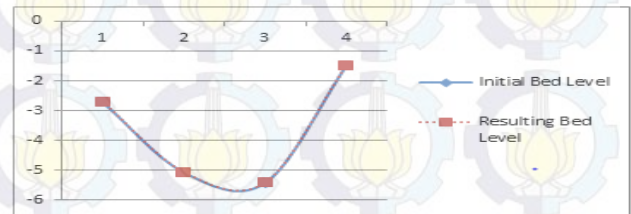
G. Hasil Simulasi dan Analisa Perubahan Morfologi Dasar Perairan (*bed level change*)

Dalam pemodelan dibuat lima (5) garis yang dianalisa perubahan morfologi dasar perairannya.

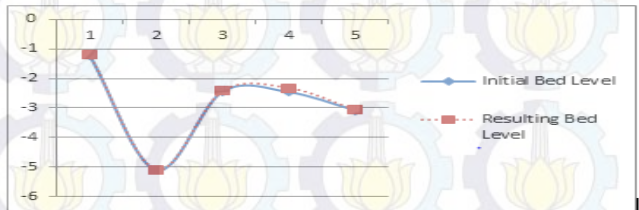


Gambar 16 Posisi Garis Analisa Perubahan Morfologi Dasar Perairan

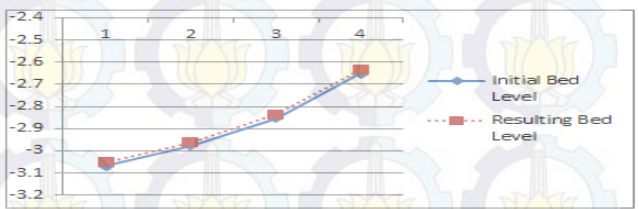
Perubahan *bed level* (dasar perairan) saat kondisi pasang sepanjang Line 1, Line 2, line 3, line 4, dan Line 5 yang ditunjukkan pada Gambar 17 – 21. Perubahan *bed level* (dasar perairan) saat kondisi surut sepanjang Line 1, Line 2, line 3, line 4, dan Line 5 yang ditunjukkan pada Gambar 22 – 26.



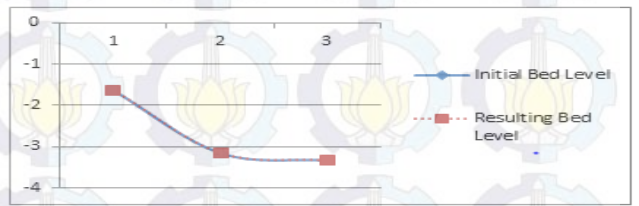
Gambar 17 Bed level sepanjang Line 1 saat kondisi pasang sebelum dan sesudah simulasi



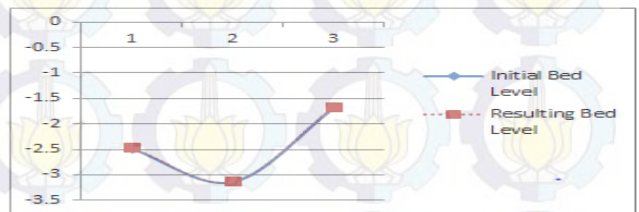
Gambar 18 Bed level sepanjang Line 2 saat kondisi pasang sebelum dan sesudah simulasi



Gambar 19 Bed level sepanjang Line 3 saat kondisi pasang sebelum dan sesudah simulasi

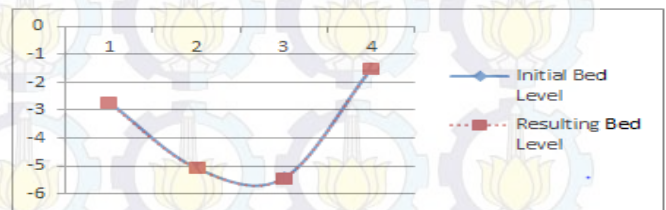


Gambar 20 Bed level sepanjang Line 4 saat kondisi pasang sebelum dan sesudah simulasi

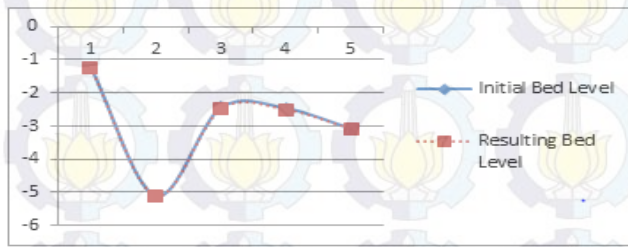


Gambar 21 Bed level sepanjang Line 5 saat kondisi pasang sebelum dan sesudah simulasi

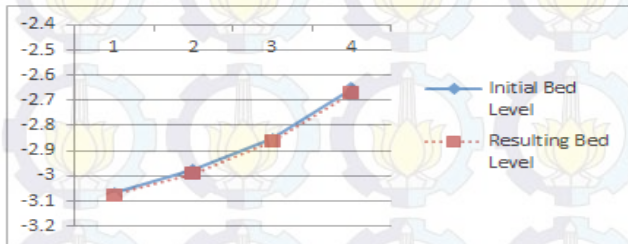
Gambar di atas menunjukkan perubahan morfologi dasar perairan / *bed level* saat kondisi pasang sebelum dan sesudah simulasi tidak mengalami perubahan yang signifikan. *Bed level change* rata-rata saat pasang adalah sebesar 0,020 m.



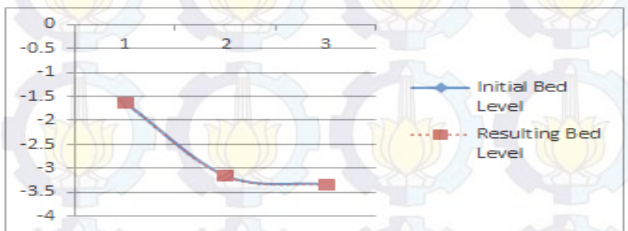
Gambar 22 Bed level sepanjang Line 1 saat kondisi surut sebelum dan sesudah simulasi



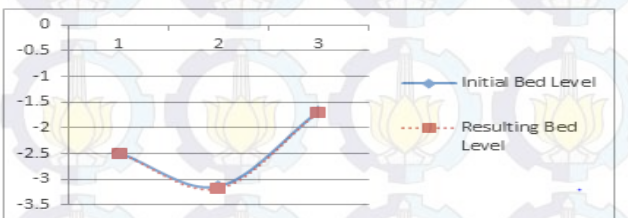
Gambar 23 Bed level sepanjang Line 2 saat kondisi surut sebelum dan sesudah simulasi



Gambar 24 Bed level sepanjang Line 3 saat kondisi surut sebelum dan sesudah simulasi



Gambar 25 Bed level sepanjang Line 4 saat kondisi surut sebelum dan sesudah simulasi



Gambar 26 Bed level sepanjang Line 5 saat kondisi surut sebelum dan sesudah simulasi

Gambar di atas menunjukkan perubahan morfologi dasar perairan / *bed level* saat kondisi surut sebelum dan sesudah simulasi tidak mengalami perubahan yang signifikan. *Bed level change* rata-rata saat surut adalah sebesar $-0,016$ m

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pola arus di pesisir Surabaya timur dapat dijelaskan sebagai berikut:

Pada saat kondisi menuju pasang dan pasang tertinggi, arus bergerak ke arah pesisir dan pada kondisi menuju surut dan surut terendah arus bergerak ke arah yang berlawanan. Besar kecepatan arus dari hasil simulasi adalah sekitar $0,040 - 0,734$ m/s. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi perairan Surabaya Timur cenderung tenang.

2. Pola penyebaran sedimen di daerah pesisir Surabaya timur dapat dijelaskan sebagai berikut:

Pada kondisi menuju pasang dan pasang tertinggi dimana arus bergerak ke arah pesisir, angkutan sedimen terlihat bergerak sangat lambat. Sedangkan pada kondisi menuju surut dan surut terendah dimana arus bergerak menjauhi daratan, angkutan sedimen yang keluar dari pesisir bergerak maksimal dan memicu terjadinya abrasi atau pengikisan karena nilai konsentrasi sedimen masuk lebih kecil dibanding konsentrasi sedimen keluar. Besar konsentrasi sedimen masuk saat kondisi pasang tertinggi memiliki nilai maksimal sebesar $0,8$ g/m³ dan besar konsentrasi sedimen keluar saat kondisi surut terendah memiliki nilai maksimal sebesar $3,8$ g/m³. Nilai konsentrasi sedimen maksimum sebesar $4,257$ g/m³ dan nilai konsentrasi sedimen minimum sebesar $0,057$ g/m³.

3. Morfologi dasar perairan pesisir Surabaya timur tidak mengalami perubahan secara signifikan. Hal ini dikarenakan konsentrasi sedimen yang terlarut sangat rendah. *Bed level change* saat kondisi pasang adalah sebesar $0,020$ m dan *bed level change* saat kondisi surut adalah sebesar $-0,016$ m. Dari hasil pemodelan menunjukkan bahwa perairan pesisir Surabaya Timur mengalami kenaikan.

Beberapa hal yang dapat disarankan pada akhir penelitian ini adalah:

1. Untuk simulasi, sebaiknya dilakukan running dengan langkah waktu dan output simulasi yang lebih panjang sehingga hasil simulasi lebih akurat.
2. Dalam pembuatan pemodelan hidrodinamika perlu diperhatikan syarat batas antara lautan dan daratan agar model yang dihasilkan dapat mendekati kondisi yang ada di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis D.A mengucapkan terima kasih kepada Dishidros atas kesediaannya untuk mengizinkan penulis menggunakan data – data dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indah. 2012. *Analisa Pendangkalan Pada Pelabuhan Bandar Sri Setia Raja di Selat Baru*. Riau : Politeknik Negri Bengkalis.
- [2] Feriani. 2012. *Analisis Stabilitas Penyumbatan Muara Sungai Akibat Fenomena Gelombang, Pasang Surut, Aliran Sungai dan Pola Pergerakan Sedimen pada Muara Sungai Bang, Kabupaten Malang*. Malang : Universitas Brawijaya.
- [3] Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. 2001. *Morfologi Kota Surabaya*. Surabaya : Pemerintah Surabaya.
- [4] Poerbandono. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung : Refika Aditama.
- [5] Zuriati. 2011. *Analisa Pola Arus dan Laju Sedimentasi Terhadap Perubahan Batimetri di Perairan Teluk Tomini Gorontalo*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.